

Български
офталмологичен
преглед
2018;62(3):35-46

Конкурс „Млад учен“

ИЗСЛЕДВАНЕ НА МИКРОСТРУКТУРНИТЕ ПРОМЕНИ В МАКУЛНАТА ОБЛАСТ ПРИ РЕГМАТОГЕННО ОТЛЕПВАНЕ НА РЕТИНАТА ПРИ ПАЦИЕНТИ С ОТЛЕПЕНА И ЛЕЖАЩА МАКУЛА ЧРЕЗ ОПТИЧНА КОХЕРЕНТНА ТОМОГРАФИЯ АНГИОГРАФИЯ

Ралица Ангелова

СОБАЛ „Вижън“ - София

Научен ръководител: г-р Илиян Шандурков, г.м. FEBO; СОБАЛ „Вижън“

ANALYSIS OF MICROSTRUCTURAL CHANGES IN THE MACULAR AREA IN PATIENTS WITH MACULA-OFF AND MACULA-ON RHEGMATOGENOUS RETINAL DETACHMENT BY OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY ANGIOGRAPHY

Ralitsa Angelova

Specialised Eye Hospital VISION - Sofia

Mentor: Ilian Shandurkov, MD, PhD, FEBO; VISION Eye Hospital, Sofia

Адрес за кореспонденция:

Ралица Ангелова
СОБАЛ „Вижън“, София
ул. „Виктор Григорович“ 8
София
e-mail: angelovaralica@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Цел: Да се оценят патологичните съдови промени в макулната област при пациенти с регматогенно отлепване на ретината чрез OCT-ангиография; да се приложи статистически анализ на ангиографските-OCT индекси (съдова плътност и проходимост) пред- и следоперативно; да се потърси връзка между постигнатата постоперативна зрителна острота и микроструктурните изменения при пациенти с предоперативно отлепена и лежеща макула.

Метод: Проспективно 12-месечно проучване на 24 пациенти (общо 48 очи) с монокулярно регматогенно отлепване на ретината, претърпели първична витректомия с имплантация на силиконово масло. Пациентите са разделени в две групи: пациенти с предоперативно отлепена и лежеща макула. Всички пациенти се проследиха след поставянето и след евакуацията на силикона. Приложени са OCT на макула и зрителен нерв, OCT-ангиография чрез OptovueAngioVue – AngioAnalytics, с измерване на индексите на съдова плътност (ИСП) (Density) в повърхностния и дълбокия съдов плексус и индекса на съдова проходимост (Flow) в макулната област.

Резултати: В групата с отлепена макула от OCT след евакуацията на силикона се установи изтъняване в макулната област и загуба на плътност в GCC. В групата с лежеща макула не се откри подобна находка. В групата с отлепена макула се установиха статистически значими резултати: редукция на ИСП от цялата ETDRS зона (цялостен анфас), измерени предоперативно, в сравнение със измерените на 2-ри постоперативен месец след евакуацията на силикона в повърхностния съдов плексус; редукция на ИСП, измерени в засегнатото око на 2-ри постоперативен месец след евакуацията на силикона, в сравнение с измерените в здравото око в дълбокия съдов плексус. В групата с лежеща макула не се откри статистически значима зависимост между измерените индекси. И в двете групи не се наблюдава статистически значима зависимост между индекса на съдова проходимост както в засегнатите очи пред- и следоперативно, така и при сравнението между засегнато и здравото око.

Извод: Настоящото проучване предлага опит за количествено обяснение на настъпилите промени в макулната област след успешна хирургия за отлепване на ретината с ангажиране на макулата.

Въпреки че макулната структура е възстановена анатомично, се демонстрират микроваскуларни промени след отлепването ѝ. OCT-ангиографията е допълнителен диагностичен метод за правилна прогноза на зрителната острота след хирургия по повод отлепване на ретината.

Ключови думи: ретина, рехматогенно отлепване, силиконова тампонада, макула, съдова плътност, OCT-Ангиография

Address for correspondence:

Ralitsa Angelova
VISION Eye Hospital
8 Viktor Grigorovich St
Sofia
e-mail: angelovaralica@gmail.com

ABSTRACT

Aim: The aim of this article is to evaluate the pathological vascular changes in the macular area in patients with rhegmatogenous retinal detachment using optical coherence tomography angiography (OCTA); to apply statistical analysis of angiographic OCT indices (Vessel Density and Flow) before and after surgery; and to establish a relationship between the achieved visual acuity after surgery and the microstructural changes in patients with macula-off and macula-on retinal detachment.

Materials and Methods: A prospective 12-month study of 24 patients (total 48 eyes) with monocular rhegmatogenous retinal detachment who were subjected to primary vitrectomy with silicone oil tamponade was conducted. The patients were divided into two groups: patients with macula-off and such with macula-on. All patients were followed up after implantation and after evacuation of the silicone oil. OCT on the macula and optic nerve, including OCTA - OptoVue AngioVue - AngioAnalytics, with density in the superficial and deep vascular plexuses and flow, were performed.

Results: After the evacuation of silicone oil in the macula-off group, it was observed that there were signs of thinning in the macular area and loss of ganglion cell complex (GCC) density. No such finding was observed in the macula-on group. In the group with macula-off, the following statistically significant results were found: reduction of density from the whole ETDRS area (whole en-face) measured after the surgery, compared with measurements on the 2nd month after the evacuation of the silicone oil in the superficial vascular plexus; reduction of density measured in the affected eye on the 2nd month after evacuation of silicone oil compared to those measured in the healthy eye in the deep vascular plexus. No statistically significant relationship between the measured indices was found in the macula-on group. No statistically significant relationship between the flow indices was observed in both groups, both in the affected eye, before and after surgery, but also when comparing the affected and the healthy eye.

Conclusion: The present study offers an attempt to quantify the changes in the macular area after a successful surgery of rhegmatogenous retinal detachment. Although the macular structure is anatomically restored, microvascular changes are demonstrated in macula-off cases. OCTA is an additional diagnostic method for correct prognosis of visual acuity after retinal detachment surgery.

Keywords: retina, rhegmatogenous retinal detachment, silicone oil tamponade, macula, vessel density, OCT angiography

ВЪВЕДЕНИЕ

Отлепването на ретината представлява отделянето на вътрешният слой на ретината (невросензориум) от пигментния епител на ретината. Най-честите причини за това са разкъсване или дупки на ретината (рехматогенно отлепване) (1).

Отлепването на ретината, ангажиращо макулата, винаги е било едно от заболяванията, изискващи спешно хирургично лечение (1). При него настъпва нарушено хранене на фоторецепторите и външните слоеве на ретината (2). Дори след успешна, от анатомична гледна точка, операция не винаги се достига задоволително възстановяване на зрението, особено в случаите с отлепена макула. Това предполага микроструктурни увреждания в макулната област, които не могат да се установят при стандартната фундусова биомикроскопия (3).

Оптичната кохерентна томография ангиография (OCT-ангиография) е сравнително нов неинвазивен диагностичен

INTRODUCTION

Retinal detachment is the separation of the retinal inner layer (neurosensory retina) from the underlying retinal pigment epithelium. The most common causes of this are retinal tears or retinal holes - rhegmatogenous retinal detachment (RRD) (1). Macula-off retinal detachment, has always been one of the diseases that required relatively urgent surgical treatment (1). There is evidence of reduced oxygen supplementation to the photoreceptor and the outer layers of the retina (2). Even after a successful surgery, from an anatomical point of view, the results are not always satisfactory in terms of recovery of vision, especially in the case of a macula-off. This suggests microstructural damage in the macular area that cannot be detected with standard fundus biomicroscopy (3).

Optical coherence tomography angiography (OCTA) is a relatively new non-invasive diagnostic method that provides better understanding of the vascular changes occurring between the layers of the retina.

метод, който ни дава по-добро разбиране за съдовите промени, настъпили между слоевете на ретината.

ЦЕЛ

Цели на настоящото проучване са: да се оценят патологичните съдови промени в макулната област при пациенти с ретматогенно отлепване на ретината чрез OCT-ангиография; да се приложи статистически анализ на ангиографските-OCT индекси (съдова плътност и проходимост) пред- и следоперативно; да се потърси връзка между постигнатата постоперативна зрителна острота и микроструктурните изменения при пациенти с предоперативно отлепена и лежача макула.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Проспективно проучване на всички последователно оперирани пациенти, по повод ретматогенно отлепване на ретината, чрез витректомия със силиконова тампонада, за период от 12 месеца.

Изследвани са 24 пациенти (общо 48 очи) с монокулярно ретматогенно отлепване на ретината. Всички пациенти са диагностицирани и оперирани в периода от октомври 2017 г. до септември 2018 г. Възрастта на пациентите бе от 18 до 67 години, като 14 от тях са мъже и 10 са жени. Пациентите са разделени в две групи:

- ◆ Група 1 – с отлепена макула (macula-off) – 18 очи;
- ◆ Група 2 – с лежача макула (macula-on) – 6 очи;

При всички се извърши пълен офталмологичен преглед, включващ: анамнеза; определяне на рефракция и зрителна острота; биомикроскопия; индиректна офталмоскопия с +90D леща; тонометрия по Голдман, В-ехография; оптична кохерентна томография. Използва се софтуер за измерване на цялостната дебелина на макулата (Full Retina Thickness Map); ретинния неврофибралерен слой (RNFL); ганглийно-клетъчен комплекс (GCC) и оптична кохерентна томография ангиография (OCT-ангиография) – OptovueAngioVue – AngioAnalytics, с измерване на индексите на съдова плътност и проходимост в повърхностния и дълбокия съдов плексус в макулната област.

Всички пациенти претърпяха първична витректомия с имплантация на силиконово масло 1300 cSt.

Включващи критерии на пациентите в проучването:

- ◆ Монокулярно ретматогенно отлепване на ретината;
- ◆ Давност на отлепването <2 седмици;
- ◆ Извършена първична витректомия с имплантация на силиконово масло 1300 cSt;
- ◆ Липса на друго очно (включени са пациенти с рефрактивни аномалии до ± 6.0 d.сф) и общо заболяване;
- ◆ Качество на предоперативно OCT/OCTA (Single Strength Index - SS) ≥ 40 и постоперативно OCT/OCTA SS > 50 ;
- ◆ Силиконовото масло, с което е била тампонирана ретината, да е отстранено и да има период на проследяване минимум 2 месеца след последната операция.

Изключващи критерии:

- ◆ Аномалии на макулата, напр. макулна дупка, съдови оклузивни заболявания или диабетна ретинопатия;

AIM

The purpose of the present study is to evaluate the pathological vessel changes in the macular area in patients with RRD by OCTA; to apply statistical analysis of angiographic OCT indices (vessel density and flow) before and after surgical treatment; and to look for links between achieved visual acuity and microstructural changes in patients with macula-off and macula-on retinal detachment.

MATERIALS AND METHODS

A prospective study of all consecutively operated patients for RRD by vitrectomy with silicone oil tamponade for a period of 12 months was conducted.

Twenty-four patients (a total of 48 eyes) were examined with monocular RRD. All patients were diagnosed and operated on between October, 2017 and September, 2018. The age of the patients varied between 18 and 67 years. The group included 14 men and 10 women.

The patients are divided into two groups:

- ◆ Group 1 - with macula-off – 18 eyes;
- ◆ Group 2 - with macula-on – 6 eyes.

In all, a full ophthalmologic examination was conducted, including: medical history, refraction and visual acuity, biomicroscopy, indirect ophthalmoscopy with +90D lenses, Goldman Tonometry, B-echography, OCT, a software was used to measure total macular thickness (full retinal thickness map), retinal nerve fiber layer (RNFL), ganglion cell complex (GCC) and OCTA - OptovueAngioVue - AngioAnalytics, with measurement of vessel density and flow indices in both superficial and deep vascular plexuses in the macular area.

All patients were operated on performing primary vitrectomy with implantation of silicone oil 1300 cSt.

Patient criteria for inclusion in the study:

- ◆ Monocular RRD;
- ◆ Period of detachment <2 weeks;
- ◆ Primary vitrectomy conducted with implantation of silicone oil 1300cSt;
- ◆ Lack of other ocular (except patients with refractive errors to ± 6.0 d.sph who are included) and other general diseases;
- ◆ Quality prior to surgical treatment OCT/OCTA (Single Strength Index-SS) ≥ 40 and after surgical treatment OCT/OCTA SS > 50 ;
- ◆ The silicone oil with which the retina was tamponaded, was removed and a follow-up period of at least 2 months after the last operation has passed.

Exclusion criteria:

- ◆ Macula abnormalities, e.g. macular hole, vascular occlusive disease or diabetic retinopathy;
- ◆ Proliferative vitreoretinopathy (PVR) \geq Grade C;
- ◆ Patients with changes after surgical treatment that are likely to interfere with the accurate assessment of the retinal layers, e.g. recurrent retinal detachment, epithelial membrane, cystoid macular edema, and persistent subretinal fluid.

Optical coherent angiography was performed with an Optovue Inc., RTVue Avanti SD-OCT (Version 2016.2.0.35) apparatus at a

- ◆ Проллиферативна витреоретинопатия (ПВР) \geq степен С;
- ◆ Пациенти с постоперативни промени, които вероятно биха повлияли на точната оценка на ретинните слоеве, например: реаблация; епиретинална мембрана; кистозен макуларен оток и персистираща субретинална течност.

Оптичната кохерентна ангиография се осъществява с апарат OptoVue Inc, RTVue Avanti SD-OCT (Version 2016.2.0.35) със скорост на сканиране 70 000 A-scans/sec, с аксиална разделителна способност 5 микрона и трансверзална разделителна способност 15 микрона; дълбочина на сканиране приблизително 3 мм.

Триизмерната картина (3D) се получава в резултат на 304x304 A-scans за приблизително 3 сек. Използва се ортогонална регистрация и сливане на две последователни изображения за получаване на образ с големина 3x3, 6x6 или 8x8. При всички пациенти се използва 3x3 мм решетка за сканиране на макулната област.

Проследиха се съдовите промени в двете групи чрез прилагането на софтуер AngioAnalytics за измерване на индексите на съдова плътност в повърхностния и дълбокия съдов плексус и индекса на съдовата проходимост в макулната област. Използва се ETDRS решетка (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study chart), изградена от два кръга: централен, вътрешен кръг с диаметър 1,0 мм, обхващащ фовеята, и външен кръг с диаметър 3,0 мм. Към анализа се приложиха стойностите на индекса на съдова плътност от цялата ETDRS зона (горен, темпорален, долен и назален квадрант)/(whole en-face) и фовеоларната област. Площта за измерване на индекса за съдова проходимост бе 3.144 мм².

За анализа бе изследвана най-добрата коригирана зрителна острота. Всички пациенти се проследиха на 1-ва постоперативна седмица и на 1-ви следоперативен месец, след първата операция, както и на 1-ви и 2-ри постоперативен месец след евакуация на силикона, като се приложиха горепосочените изследвания.

Поради свързано с възрастта разширяване на фовеоларната аваскуларна зона (ФАЗ) (редукция на макуларната съдова плътност), за сравнение се използваха параметрите както на засегнатото око на пациентите преди и след проведеното лечение, така и между засегнатото и здравото око.

Данните се обработиха статистически с програмата SPSS for Windows (IBM Corp. Released 2010. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 19.0. Armonk, NY: IBM Corp.). Приложи се описателна статистика и непараметрични тестове Mann-Whitney и Wilcoxon Signed-Ranks Test. Резултатите се представиха на Box plot диаграма. За статистически значими стойности се приеа $p < 0.05$.

РЕЗУЛТАТИ

На всички пациенти в проучването предоперативно, на 1-ва постоперативна седмица, на 1-ви следоперативен месец, след първата операция, както и на 1-ви и 2-ри постоперативен месец след евакуацията на силикона се

scanning speed of 70,000 A-scans/sec, with an axial resolution of 5 microns and transverse 15 microns, and a scan depth of approximately 3 mm.

Three-dimensional (3D) picture was obtained as a result of 304x304 A-scans for approximately 3 seconds, orthogonal registration and merging of two consecutive images to produce an image of 3x3, 6x6 or 8x8. In all patients a 3x3mm grid to scan the macular area was performed.

The vascular changes in the two groups were followed by the use of AngioAnalytics software to measure the vessel density indices in the superficial and deep vascular plexuses and the vessel flow index in the macular area.

The vascular changes in both groups were followed up using the AngioAnalytics software, which measures vascular density indices in the superficial and deep vascular plexuses, as well as the vessel flow index in the macular area. An ETDRS grid (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Chart) is used, consisting of two circles: a central, internal circle with a diameter of 1.0mm covering the fovea; and an outer circle with a diameter of 3.0mm. In addition to the analysis, the values of the Vessel Density Index (VDI) from the entire ETDRS area (superior, temporal, inferior and nasal quadrants)/(whole en-face) and the foveolar area were added. The area for vessel flow counting was 3.144 mm².

For the analysis, the best corrected visual acuity was examined. All patients were followed up on the 1st week after surgery and 1st month after surgery, as well as on the 1st and 2nd months after the evacuation of the silicone oil, following the above-mentioned studies.

Due to the age-related expansion of the foveal avascular zone (FAZ), macular vessel density reduction for comparison the parameters of both the affected eye of the patients before and after the treatment was used, as well as between the affected and the healthy eye.

Data was processed statistically with the SPSS for Windows program (IBM Corp. Released 2010. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 19.0, Armonk, NY: IBM Corp.). Descriptive statistics and nonparametric Mann-Whitney and Wilcoxon Signed-Ranks Tests were applied. The results were presented on Box plot diagrams. For statistically significant values, $p < 0.05$ was accepted.

RESULTS

All patients were subjected to the specific studies before surgical treatment, on the 1st week after surgical treatment, on the 1st month after the first operation and on the 1st and 2nd month after the evacuation of the silicone oil. The following examinations were applied: best corrected visual acuity; biomicroscopy; indirect ophthalmoscopy with + 90D lenses; Goldman Tonometry; B-echography; OCT. A software was used for: mapping the full retinal thickness (full retina thickness map); retinal nerve fiber layer (RNFL); GCC and OCTA. The analysis was conducted using OptoVue AngioVue's AngioAnalytics that measures: vessel density and flow indices in both superficial and deep vascular plexuses in the macular area.

Patients diagnosed with intraocular pressure greater than 20 mmHg after the surgery were prescribed subsequent therapy. On

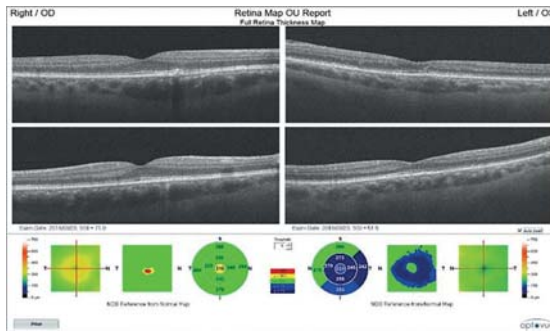


Fig. 1. Group 1 macula-off – OCT conducted on the 2nd month after evacuation of silicone oil – thinning in foveolar/parafoveal sectors

извърши: определяне на най-добре коригираната зрителна острота; биомикроскопия; индиректна офталмоскопия с +90D леща; тонометрия по Голдман; В-ехография; оптична кохерентна томография. Използва се софтуер за измерване на цялостната дебелина на макулата (Full Retina Thickness Map); ретинния неврофибрилен слой (RNFL); ганглийно-клетъчен комплекс (GCC) и OCT-ангиография чрез AngioAnalytics софтуер за измерване на индексите на съдова плътност и проходимост в повърхностния и дълбокия съдов плексус в макулната област.

При пациентите, при които постоперативно се установи вътреочно налягане по-високо от 20 mmHg, се приложи медикаментозна терапия. На последващите визити измереното очно налягане бе в референтни граници.

В **Група 1** (18 пациенти с монокуларно регматогенно отлепване на ретината и отлепена макула) се установиха следните зависимости:

От конвенционалното OCT при 7 от пациентите, извършено на 2-ри постоперативен месец след евакуацията на силикона, се установи секторно изтъняване (Full Retina Thickness Map) в макулната област (Фиг. 1).

1. От конвенционалното OCT при 7 от пациентите, извършено на 2-ри постоперативен месец след евакуацията на силикона, се установи секторно изтъняване (Full Retina Thickness Map) в макулната област (Фиг. 1).
2. При 4-ма от тях се установи загуба на плътност в ганглийно-клетъчен комплекс (GCC) (Фиг. 2).
3. При всички пациенти се установи, че няма промяна в RNFL (Фиг. 2).

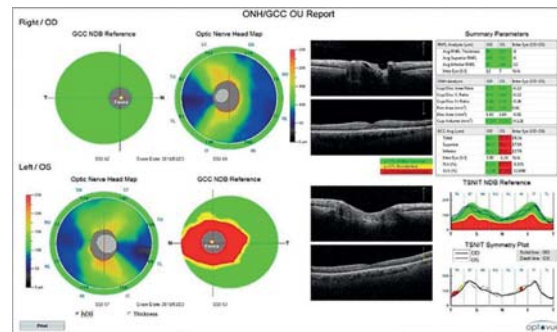


Fig. 2. Group 1 macula-off – OCT performed on the 2nd month after evacuation of silicone oil – thinning in all GCC sectors without change in RNFL

following visits, the measured eye pressure was confirmed within reference ranges.

In **Group 1** (18 patients with monocular RRD and macula-off) the following dependencies were found:

1. In 7 of the examined patients using conventional OCT, performed on the 2nd month after the evacuation of the silicone oil, a full retinal thickness map was obtained in the macular area (Fig. 1).
2. In 4 of them, a loss of density in GCC was found (Fig. 2).
3. All patients showed no change in RNFL (Fig. 2).
4. Based on the OCTA and the Wilcoxon Signed-Ranks Test for vessel density and flow, the following results were found:
 - ✦ Reduction of the VDI in the whole ETDRS area (superior, temporal, inferior and nasal quadrants)/(whole en-face) measured before surgery, as compared on the 2nd month after evacuation of the silicone oil, in the superficial vascular plexus in the macular area.
 - ✦ Namely, the VDI in the superficial vascular plexus of the affected eye before surgery is greater than the VDI of the affected eye in the superficial vascular plexus on the 2nd month after evacuation of the silicone oil (Table 1) (Fig. 3).
 - ✦ Statistically significant value $p=0.049$ ($p<0.05$) (Table 2).
 - ✦ The box plot chart compares median VDI levels in the superficial vascular plexus of the affected eye before surgery (median 45%) on the 2nd month after evacuation of the silicone oil (median 43%) in Group 1 (Graph. 1).
 - ✦ Reduction in vessel density indices measured in the affected eye on the 2nd month after surgery following the evacuation of the silicone oil compared to those measured in the healthy eye in the superficial and deep vascular plexuses in the macular area (Fig. 3, Fig. 4).
 - ✦ From the attached Wilcoxon Signed-Ranks Test, statistical significance was only found between the deep vascular plex-

Table 1. Descriptive statistics

Indicators	N	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Percentiles		
						25 th	50 th (Median)	75 th
Vessel density of the affected eye before surgery (superficial vascular plexus) - %	18	45	6.3	34	54	39	45	51
Vessel density of the affected eye on the 2 nd month after evacuation of silicone oil (superficial vascular plexus) - %	18	44	5.5	33	52	40	43	48

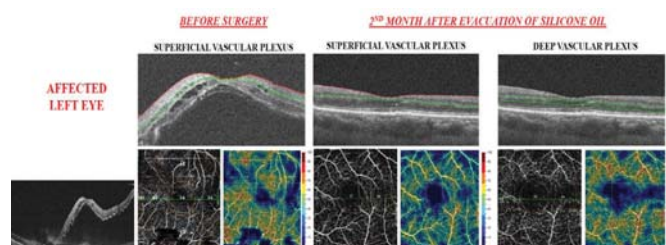


Fig. 3. Group 1 Macula-off affected left eye - OCTA multiscan analysis and color chart

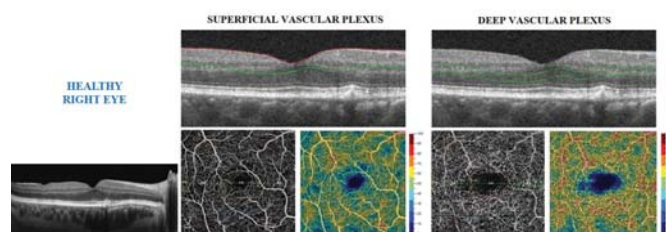


Fig. 4. Group 1 Macula-off healthy right eye - OCTA multiscan analysis and color chart

4. Въз основа на ОСТ-ангиографията и приложения Wilcoxon Signed Ranks Test на показателите за съдова плътност и проходимост се установиха:
 - ❖ Редукция на индекса на съдова плътност (Density) от цялата ETDRS зона (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study chart) - горен, темпорален, долен и назален квадрант (цялостен en-face), измерен предоперативно, в сравнение със измерения на 2-ри постоперативен месец след евакуацията на силикона, в повърхностния съдов плексус в макулната област,
 - ❖ а именно Индексът на съдова плътност в повърхностния съдов плексус на засегнатото око предоперативно е по-голям от Индекса на съдова плътност на засегнатото око в повърхностния съдов плексус на 2-ри постоперативен месец след евакуацията на силикона (Табл. 1, Фиг. 3).
 - ❖ Статистически значима стойност $p=0,049$ ($p<0,05$) (Табл. 2).
 - ❖ На box plot диаграмата са сравнени медианите на индекса на съдова плътност в повърхностния съдов плексус на засегнатото око предоперативно (медиана 45%) и на 2-ри постоперативен месец след евакуация на силикона (медиана 43%) в Група 1 – макула-офф (Граф. 1).
 - ❖ Редукция на индексите на съдова плътност, измерени в засегнатото око на 2-ри постоперативен месец

us in the affected eye and the one examined in the healthy eye.

- ❖ The VDI in the deep vascular plexus of the healthy eye is greater than the density index in the deep vascular plexus of the affected eye on the 2nd month after evacuation of the silicone oil (Table 3).
- ❖ Statistically significant value $p=0.028$ ($p<0.05$) (Table 4).
- ❖ The Box plot chart compares the median VDI levels in the deep vascular plexus of the affected eye on the 2nd month after surgery following the evacuation of silicone oil (median 48%) and the healthy eye (median 54%) in all patients in Group 1 – macula-off (Graph. 2).

In **Group 2** (6 patients with monocular rhegmatogenous retinal detachment and macula-on):

Table 2. Results of the Wilcoxon Signed-Ranks Test

Results	Vessel density of the affected eye on the 2 nd month after evacuation of silicone oil – Vessel density of the affected eye before surgery
Z	-1,961 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.049

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on positive ranks.

Table 3. Descriptive statistics

Indicators	N	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Percentiles		
						25 th	50 th (Median)	75 th
Vessel density of the affected eye on the 2 nd month after evacuation of the silicone oil (deep vascular plexus) - %	18	48	5.3	40	58	43	48	52
Vessel Density of the Healthy Eye (deep vascular plexus) - %	18	54	4.1	48	60	50	54	57

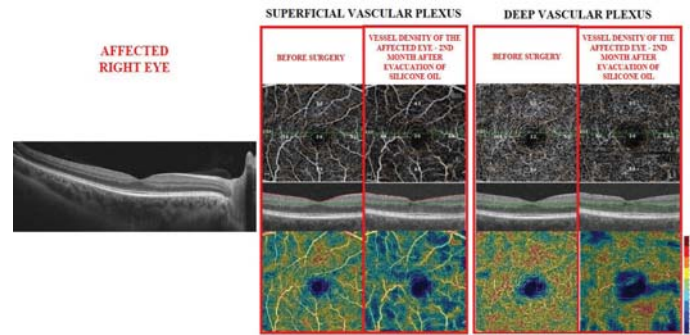


Fig. 5. Group 2 Macula-on healthy left eye OCTA multiscan analysis and color chart

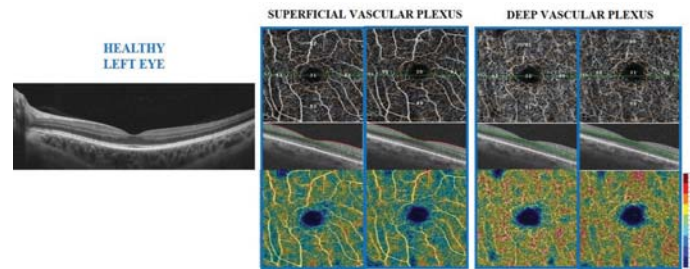


Fig. 6. Group 2 Macula-on healthy left eye - OCTA multiscan analysis and color chart

след евакуацията на силикона в сравнение с измерените в здравото око в повърхностния и дълбокия съдов плексус в макулната област, (Фиг. 3, Фиг. 4).

- ♦ От приложения Wilcoxon Signed-Ranks Test, за сигнификантни стойности се приеа само тази между дълбокия съдов плексус в засегнатото око и изследвания в здравото око.
- ♦ Индексът на съдова плътност в дълбокия съдов плексус на здравото око е по-голям от Индекса на съдова плътност в дълбокия съдов плексус на засегнатото око на 2-ри постоперативен месец след евакуацията на силикона (Табл. 3).
- ♦ Статистически значима стойност $p=0.028$ ($p<0.05$) (Табл. 4).
- ♦ На Box plot диаграма са сравнени средните нива на индекса за съдова плътност в дълбокия съдов плексус на засегнатото око на 2-ри постоперативен месец след евакуация на силикона (медиана 48%) и здравото око

1. No change was observed in the full retinal thickness map in the macular area, GCC, and RNFL during the conventional OCT.
2. There was no statistically significant relationship between vessel density in the superficial and deep vascular plexuses before and after surgery, both in the affected eye and between the affected and the healthy eye. (Fig. 5, Fig. 6).

After a Mann-Whitney nonparametric test was conducted, a Box plot diagram representing the mean visual acuity studied before surgery and on the 2nd month after evacuation of the silicone oil in the two groups was prepared.

1. Patients in Group 1 with macula-off showed a median best corrected visual acuity before surgery of 0.05, and on the 2nd month after evacuation of the silicone oil, the median for best corrected visual acuity improved to 0.5 (Graph. 3).
2. Patients in Group 2 with a macula-on showed a median best corrected visual acuity before surgery of 0.8, and on the 2nd month after evacuation of the silicone oil the median for best corrected visual acuity reached 1.0 (Graph. 4).

No statistically significant relationship was found in the two groups between flow values, both in the affected eyes before and after surgery, as well as in comparison between the affected and the healthy eye.

DISCUSSION

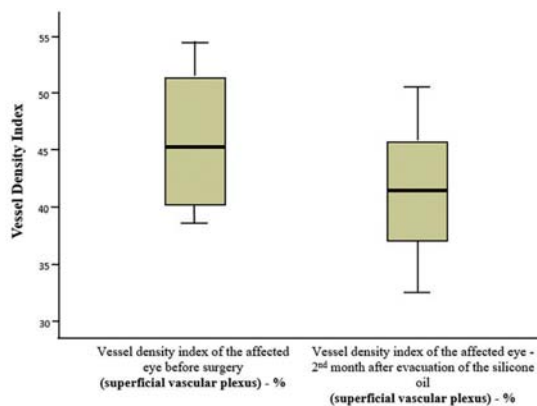
A reduction in vessel density indices in both superficial and deep vascular plexuses in the macular area was observed in patients with rhegmatogenous retinal detachment with macula-off (Group 1), who underwent silicone oil implantation surgery. Incomplete visual acuity recovery was investigated on the 2nd postoperative month following the silicone evacuation. These postoperative effects are seen as a result of hypoxia that occurs after macular

Table 4. Results of the Wilcoxon Signed-Ranks Test

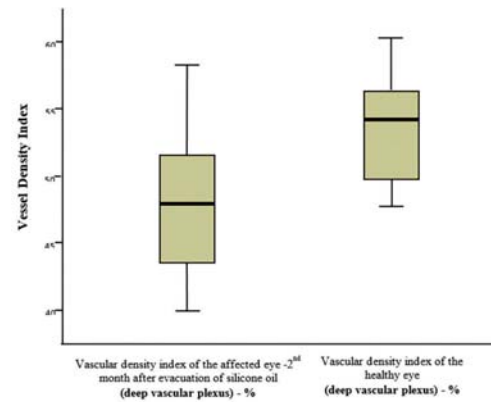
	Vessel density of the healthy eye (deep vascular plexus) - Vessel density of the affected eye - 2 nd month after evacuation of the silicone oil (deep vascular plexus)
Z	-2,197 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.028

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

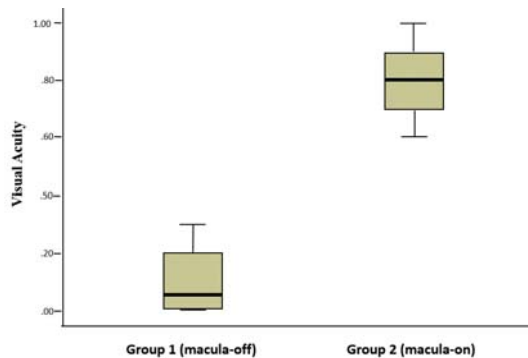
b. Based on negative ranks.



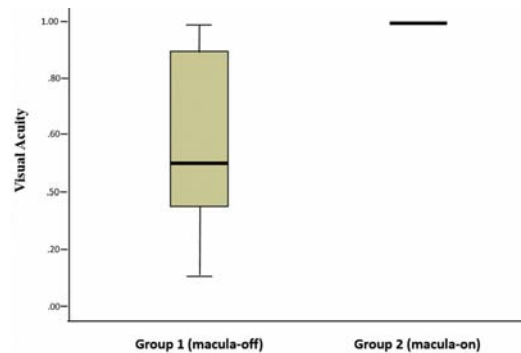
Graph. 1. Reduction of vessel density index in the superficial vascular plexus on the 2nd month after evacuation of the silicone oil



Graph. 2. Reduction of vessel density index in the deep vascular plexus on the 2nd month after evacuation of the silicone oil, compared to the healthy eye



Graph. 3. Median best corrected visual acuity in both groups before surgery



Graph. 4. Median best corrected visual acuity in both groups on the 2nd month after silicone oil evacuation

(медиана 54%) при всички пациенти в Група 1 - макула-офф (Граф. 2).

Група 2 (6 пациенти с монокуларно ретинално отлепване на ретината и лежаща макула):

1. От конвенционалното OCT не се установиха промени в макулната област (Full Retina Thickness Map), (GCC), (RNFL).
2. Не се откри статистически значима зависимост между съдовата плътност в повърхностния и дълбокия съдов плексус пред- и следоперативно, както между засегнатото око на пациентите, така и между засегнатото и здравото око (Фиг. 5, Фиг. 6).

След приложен непараметричен тест на Mann-Whitney се изработи Vox plot диаграма, представяща средната зрителна острота, изследвана предоперативно и на 2-ри постоперативен месец след евакуацията на силикона в двете групи.

1. Пациентите в Група 1 - с отлепена макула, са със средна предоперативна зрителна острота с най-добра оптична корекция 0,05, а на 2-ри постоперативен месец след евакуацията на силикона средната зрителна острота с най-добра оптична корекция достигна 0,5 (Граф. 3).
2. Пациентите в Група 2 - с лежаща макула, са със средна зрителна острота с най-добра оптична корекция предоперативно 0,8, а на 2-ри постоперативен месец след еваку-

detachment combined with the overall thinning of the inner layers of the retina, resulting from the silicone tamponade.

Retinal detachment leads to deterioration in the field of vision. Despite good surgical results, visual acuity recovery may be disappointing for the patient, even in a clinically normal retina due to microstructural changes in the macula (4).

The retina has a dual blood supply - from the choroid and its own vasculature, originating from the central retinal artery, a branch of arteria ophthalmica. Retinal detachment results in impaired oxygen supply to the photoreceptors and the outer retinal layers, which in turn results in loss of peripheral and central vision, depending on the degree of detachment (5). With longer-lasting retinal detachment, microcystic spaces occur most often in the outer plexiform layer. Over time, the number of ganglion cells decreases (6).

Retinal photoreceptors are among the most metabolically active cells in the human body. The choroidal circulation has the highest bloodstream rate per cubic centimeter of tissue in the body. The separation between the neurosensory retina and the underlying choroidal circulation leads to ischemia and rapid, progressive degeneration of the photoreceptors (2).

The principle of OCTA is to use the variation in the OCT signal caused by red blood cell flow in the blood vessels as a contrast mechanism for imaging the bloodstream. Scanning reproduces

ацията на силикона средната зрителна острота с най-голяма оптична корекция достигна 1,0 (Граф. 4).

И в двете групи не се наблюдава статистически значима зависимост между стойностите на индекса за съдова проходимост както в засегнатите очи пред- и следоперативно, така и при сравнението между засегнато и здравото око.

ОБСЪЖДАНЕ

При пациентите с регматогенно отлепване на ретината с ангажиране на макулата (Група 1 – макула-офф), претърпели ППВ с имплантация на силиконово масло, се наблюдава редуция на индексите за съдова плътност в повърхностния и дълбокия съдов плексус в макулната област. Установи се непълно възстановяване на зрителната острота, изследвана на 2-ри постоперативен месец след евакуацията на силикона. Тези следоперативни последици се разглеждат като резултат от настъпилата хипоксия след отлепване на макулата и общото изтъняване на вътрешните слоеве на ретината, в резултат на силиконовата тампонада.

Отлепването на ретината води до дефект в зрителното поле. Въпреки добрите хирургични резултати, зрителното възстановяване може да бъде разочаровашо за пациентите, дори при клинично нормално изглеждаща ретина, дължащо се на незначителни промени в макулната микроструктура (4).

Ретината има двойно кръвоснабдяване – от хороидеята и от собствената си съдова мрежа, произхождаща от артерия централис ретине, клон на артерия офталмика. Отлепването на ретината води до нарушена трофика на фоторецепторите и външните слоеве на ретината, което от своя страна води до загуба на периферно и централно зрение в зависимост от степента на отлепване (5). При по-дълготрайни отлепвания на ретината възникват микрокистозни пространства, най-често във външния плексиформен слой. С времето броят на ганглийните клетки намалява (6).

Фоторецепторите на ретината са едни от най-метаболично активните клетки в човешкото тяло. Хороидалната циркулация има най-висока скорост на кръвообращение на кубичен сантиметър тъкан в тялото. Разделянето между невросензорната ретина и подлежащата хороидална циркулация води до исхемия и до бърза, прогресивна дегенерация на фоторецепторите (2). Принциплът на ОСТ-ангиографията е да се използва вариацията в ОСТ сигнала, причинен от движението на червените кръвни клетки в кръвоносните съдове като контрастен механизъм за изобразяване на кръвния поток. Сканиранята възпроизвеждат капилярната съдова мрежа в четири равнини. Четирите анфас зони отразяват хистологичния строеж на ретината. Те включват: 1) Angio-superficial – повърхностен съдов плексус, капилярна мрежа в ганглийния клетъчен слой и слоя на нервните влакна; 2) Angio-deep – дълбок съдов плексус, мрежа от капилари във вътрешния плексиформен слой; 3) Angio-

the capillary vessel in four planes. The four en-face zones reflect the histological structure of the retina. These include: 1) Angio-superficial – superficial vascular plexus, capillary bed in the ganglion cell layer and nerve fiber layer; 2) Angio-deep – deep vascular plexus, a network of capillaries in the inner plexiform layer; 3) Angio-Outer Retina – pigment epithelium, and 4) Angio-Choroid Capillary – choriocapillaris (choroid) (7).

Spaide et al. (8) define two different capillary plexuses in the macula: a superficial (inner) one and a deep (outer) one.

Fluorescein angiography, after its introduction in the 1960s, has been considered the gold standard for depiction of retinal and choroidal blood circulation (9). However, it is not capable of assessing the flow and density alone in the deep vascular plexus due to blocking fluorescence (8,10). The main advantage of OCTA is that for the first time it is possible to quantify the trophic activity in the macular area. Embedded automated software processes data is used to generate perfusion indices (vessel density and flow). Vessel density is defined as the percentage area occupied by vessels in the segmented area and flow index is defined as the average decorrelation values in the segmented area (7,11). The flow index is more sensitive when detecting metabolic and physiological changes in the retina. VDI is more useful for diagnosis and monitoring of vascular pathology (12). Initial studies show a good repeatability of VDI (13). Their quantification in vivo may be useful for detecting and monitoring pathological processes in the macular area.

The present study found that after a macula-off retinal detachment there was a significant reduction in the vasculature in the superficial vascular plexus examined at the 2nd month after evacuation of the silicone oil compared to the results before surgery. Significant reduction of vessels is also found in the deep plexus compared to the healthy eye. This gives a quantitative explanation for the incomplete visual recovery, even after a satisfactory surgical result.

A study presented in August, 2018 on EVRS in Prague examined 37 eyes (37 patients) treated for RRD with macula-off using pars plana vitrectomy (PPV) with silicone oil tamponade and gas implantation. This study determined a significant reduction in vessel density in the superficial and deep vascular plexuses with significant enlargement of the foveolar avascular zone in the deep vascular plexus as compared to the healthy untreated eyes (14).

In 2018, Woo et al. (15) examined 34 eyes (34 patients) with RRD in patients with macula-on and off, using PPV with silicone oil tamponade and gas implantation. For a control group, they considered a healthy, non-surgically treated eye. In macula-off patients, they observed significant expansion of the FAZ in the superficial and deep vascular plexuses compared to the control group and the macula-on group. In their macular study, they found a negative correlation between superficial and deep FAZ, and visual acuity after surgery. The cited authors discuss the reduction of vessel density after successful surgical treatment of patients with macula-off as a result of ischemic damage to the retinal vasculature (15).

The reduction of vessel density indices in the superficial and deep vascular plexuses in the macular area, particularly in the foveolar area, is associated with the enlargement of the FAZ in

Outer Retina – пизментен епител и 4) Angio-Choroid Capillary – хориокапиларис (хороидея) (7).

Spralde et al. (8) дефинира два различни капиларни плексуса в макулата: един повърхностен (вътрешен) и един дълбок (външен).

Флуоресцеиновата ангиография, след въвеждането ѝ през 60-те години на миналия век, се счита за "златен стандарт" при изобразяване на ретиналното и хориоидално кръвообращение (9). Въпреки това тя не е в състояние самостоятелно да оцени съдовата проходимост и съдовата плътност в дълбокия съдов плексус, поради блокиране на флуоресценцията (8,10). Преимуществото на OCT-ангиографията е, че за първи път дава възможност за количествена оценка на трофиката в областта на макулата. Вграденият автоматизиран софтуер обработва данните за генериране на индексите на перфузия (съдова плътност и проходимост). Съдовата плътност (Density) се дефинира като процент от площта, заета от кръвоносни съдове спрямо изследваната площ, а индексът на проходимост (Flow) като средната стойност на декорелационния сигнал в изследваната зона (7,11). Индексът на проходимост е по-чувствителен при откриване на метаболитни и физиологични промени в ретината. Индексът на съдова плътност е полезен за диагностициране и мониториране на съдова патология (12). Първоначалните проучвания показват добра повторимост на индекса на съдова плътност (13). Количественото им определяне *in vivo* може да бъде полезно за откриване и проследяване на патологични процеси в областта на макулата.

Настоящето проучване установява, че след операция по повод отлепване на ретината с ангажиране на макулата има сигнификантна редукция на съдовата мрежа в повърхностния съдов плексус, изследвана на 2-ри постоперативен месец след евакуацията на силикона, в сравнение със изследваната предоперативно. Сигнификантна редукция на съдове се установи и в дълбокия плексус, в сравнение със здравето око. Това дава количествено обяснение на непълното зрително възстановяване, дори след задоволителен хирургичен резултат.

В проучване, представено през август 2018 г. на EVRS в Прага, при 37 очи (37 пациенти), оперирани по повод ретматогенно отлепване с ангажиране на макулата, претърпели ППВ с имплантация на силикон и газ, е установена сигнификантна редукция в съдовата плътност в повърхностния и дълбокия съдов плексус със сигнификантно разширяване на фовеоларната аваскуларна зона в дълбокия съдов плексус, в сравнение със здравето неоперирано око (14).

Woo et al. (15) изследват 34 очи (34 пациенти) през 2018 г. с ретматогенно отлепване на ретината при пациенти с отлепена и лежача макула, след ППВ с имплантация на силиконово масло и газ. За контролна група те приемат здравето неоперирано око, като при пациентите с отлепена макула наблюдават сигнификантно разширяване на ФАЗ в повърхностния и дълбокия съдов плексус, в сравнение с контролната група и групата с лежача

patients with RRD of the retina with macula-off using PPV with implantation of silicone oil tamponade.

PPV with silicon oil tamponade is a successful method of surgical treatment in the case of RRD with PVR and giant retinal tears (16). Silicone oil implanted in the vitreous cavity provides additional bulb stability, restores anatomical relations between the ocular structures and reduces the risk of further proliferation. Silicone oil is well tolerated by patients and due to its transparent nature, it enables better vision of the posterior segment after surgery (17,18).

The most recent spectral domain-OCT studies of RRD with macula-off show that visual acuity after surgery correlates with the thinning and integrity of the inner retinal layers (external limiting membrane, ellipsoid zone, cone interdigitation zone) (19, 20). Changing these morphological parameters may result in unsatisfactory visual acuity recovery after surgery.

The unsatisfactory visual acuity after surgery studied after evacuation of silicone oil in RRD patients with macula-off is due to the overall narrowing of the GCC, the foveolar/parafoveolar zones in the macula (full retinal thickness map).

According to a study in 2017 by Purtskhvanidze K. et al. (21), RRD patients with macula-off operated on using PPV with silicone oil tamponade demonstrated a significant narrowing in the foveolar and parafoveolar zones of the inner retinal layers, compared to a gas tamponade group and a control group. They did not detect significant changes in RNFL and elevation of ocular pressure after surgery (21).

A small number of clinical trials establish a link between the narrowing of the inner retinal layers after vitrectomy with silicone tamponade in rhegmatogenous macula-on and off. Christensen, La Cor (22) reported thinning of the inner layers of the retina (from RNFL to the outer plexiform layer) in the eyes with RRD and macula-on, with 1/3 of the patients having a significantly reduced vision after surgery.

The reasons for thinning of the inner layers of the retina and reduced visual acuity after surgery with silicone tamponade, remain unclear (21).

According to Asaria et al. (23), the toxic effect of the silicone oil may be due to accumulation of proinflammatory cytokines in the retro-silicone oil fluid and activated in the retinal microglia inflammatory process with consecutive cell death.

Bambas et al. (24) found toxic low-molecular weight components in silicone oil samples removed from the eye after several months.

Another possible cause of thinning of the outer retinal layers is the mechanical pressure of the silicone oil bubble in the parafoveolar zone (21).

The changes in the vascular trophic function found during the analysis in our study provide another explanation for incomplete visual recovery in patients with RRD with macula-off.

The study can be further optimized by measuring the VDI in the deep vascular plexus by correcting projection artifacts from the bloodstream in the superficial vascular plexus. This is possible with the introduction of the new AngioVue 3D Projection Artifact Removal (3D PAR) software, which improves and simplifies the interpretation of OCTA data by removing projection artifacts (25). Through 3D PAR technology, projection artifacts would be

макула (15). В групата с отлепена макула те откриват негативна корелация между повърхностната и дълбока ФАЗ със следоперативната зрителна острота. Цитираните автори разглеждат редукцията на съдовата плътност след успешно хирургично лечение при пациенти с ангажиране на макулата, като резултат на исхемично увреждане на ретиналния съдов капиларис (15).

Редукцията на индексите за съдова плътност в повърхностния и дълбокия съдов плексус в макулната област, по-специално във фовеоларната област, е свързана с разширяване на фовеоларната аваскуларната зона при пациенти с регматогенно отлепване на ретината с ангажиране на макулата след ППВ с имплантация на силиконово масло.

Парс плана витректомията със силиконова тампонада е успешен метод за хирургично лечение в случаите на регматогенно отлепване на ретината с пролиферативна витреоретинопатия (ПВР) и гигантски ретинални руптури (16). Силиконовото масло, имплантирано във витреалната кухина, осигурява стабилност на булба, възстановява анатомичните връзки между очните структури и забавя по-нататъшната пролиферация, понася се добре и, благодарение на прозрачността му, позволява по-добра следоперативна визуализация на задния сегмент (17,18).

Последните спектрал домейн-ОСТ проучвания при регматогенно отлепване на ретината, ангажиращо макулата, показват че постоперативната зрителна острота корелира с изтъняването и интегритета на вътрешните ретинални слоеве (външната гранична мембрана, елипсоидната зона, коничната интердигитална зона) (19,20). Промяната в тези морфологични параметри може да доведе до незадоволително възстановяване на зрителната острота постоперативно.

Незадоволителната постоперативна зрителна острота, изследвана след евакуация на силиконовото масло при пациенти с регматогенно отлепване на ретината с ангажиране на макулата, се дължи на общото изтъняване на GCC, фовеоларната и парафовеоларните зони в макулната област (Full Retina Thickness Map).

По данни от проучване от Purtskhvanidze K. et al. (21) от 2017 г., при пациенти, оперирани по повод регматогенно отлепване на ретината, с ангажиране на макулата, след парс плана витректомия със силиконова тампонада е установено сигнификантно изтъняване във фовеоларната и парафовеоларната зона на вътрешните ретинални слоеве в сравнение с група с газова тампонада и контролна група. Те не установяват сигнификантни промени в RNFL и следоперативно повишаване на очното налягане (21).

Малък брой клинични проучвания установяват връзка между изтъняването на вътрешните ретинални слоеве след витректомия със силиконова тампонада при регматогенно отлепване и лежаща макула. Christensen, La Cour (22) съобщават за изтъняване на вътрешните слоеве на ретината (от RNFL до външния плексиформен слой) в очи с регматогенно отлепване и лежаща макула, като 1/3 от пациентите са със силно намалено постоперативно зрение.

minimized, providing better visualization and possibilities for further studies of deep microvascular changes.

CONCLUSION

The present study offers an attempt to quantify the changes in the macular area after a successful macula-off retinal detachment surgery. Although the macular structure is restored anatomically, microvascular changes are demonstrated after retinal detachment with macula-off. OCTA is an additional diagnostic method for correct prognosis of visual acuity after surgery for retinal detachment.

Future studies and analysis of microvascular changes due to retinal detachments using OCTA will enable improved follow-up of conditions and evaluation of results following macular surgery.

REFERENCES

1. Pandya HK. Retinal Detachment. In: Retinal Detachment. New York, NY: WebMD. <http://emedicine.medscape.com/article/798501>. Updated November 22, 2016. Accessed August 18, 2018.
2. Yang L, Bula D, Arroyo JG, Chen DF. Preventing retinal detachment-associated photoreceptor cell loss in Bax-deficient mice. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2004; 45(2):648-54.
3. Nork TM, Millecchia LL, Strickland BD, Linberg JV, Chao G. Selective loss of blue cones and rods in human retinal detachment. *Arch Ophthalmol*. 1995;113(8):1066-73.
4. Roohipour R, Mohammadi N, Ghassemi F, Karkhaneh R, Rezaei M, Nili-Ahmadabadi M, et al. Foveal structure in macula-off rhegmatogenous retinal detachment after scleral buckling or vitrectomy. *J Ophthalmic Vis Res*. 2015;10(2):172-7. doi: 10.4103/2008-322X.163780.
5. Shandurkov I, Sredkova M. Atlas of optic coherent tomography angiography (angio-OCT). Medinform; 2016. p. 66. (in Bulgarian)
6. Sivkova N. Retinal detachment. Steno; 2011. p. 32. (in Bulgarian)
7. Chalam K V, Sambhav K. Optical coherence tomography angiography in retinal diseases. *J Ophthalmic Vis Res*. 2016;11(1):84-92. doi: 10.4103/2008-322X.180709.
8. Spaide RF, Klancnik JM Jr, Cooney MJ. Retinal vascular layers imaged by fluorescein angiography and optical coherence tomography angiography. *JAMA Ophthalmol*. 2015; 133(1):45-50. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2014.3616.
9. Novotny HR, Alvis DL. A method of photographing fluorescence in circulating blood of the human retina. *Circulation*. 1961;24:82-6.
10. Weinhaus RS, Burke JM, Delori FC, Snodderly DM. Comparison of fluorescein angiography with microvascular anatomy of macaque retinas. *Exp Eye Res*. 1995;61(1):1-16.
11. Gao SS, Jia Y, Zhang M, Su JP, Liu G, Hwang TS, et al. Optical coherence tomography angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016; 57(9):OCT27-OCT36. doi:10.1167/iov.15-19043.
12. Pechauer AD, Jia Y, Liu L, Gao SS, Jiang C, Huang D. Optical coherence tomography angiography of peripapillary retinal blood flow response to hyperoxia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015;56(5):3287-91. doi: 10.1167/iov.15-16655.
13. Al-Sheikh M, Tepelus TC, Nazikyan T, Sadda SR. Repeatability of automated vessel density measurements using optical coherence tomography angiography. *Br J Ophthalmol*. 2017;101(4):449-452. doi: 10.1136/bjophthalmol-2016-308764.
14. Suren E, Cetinkaya A, Cetinkaya E, Yucel, O, Erol MK. Foveal avascular zone area and macular vascular density changes after

Причините за изтъняването на вътрешните слоеве на ретината и намалената следоперативна зрителна острота след силиконова тампонада остават неясни (21). Според Asaria et al. (23) токсичният ефект на силикона може би се дължи на активиране на проинфламаторни цитокини в ретро-силиконовото „мъртво пространство“ и активирането на възпалителен процес в ретинната микроглия, водещ до клетъчна смърт.

Vamber et al. (24) откриват токсични компоненти с ниско молекулно тегло в проби от силикон, евакуиран от око след няколко месеца.

Друга възможна причина за изтъняване на външните ретинални слоеве е ефектът от механичен натиск на силиконовия мехур в парафовеоларната зона (21).

Измененията в съдовата трофика, установени при измерванията в нашето проучване, дават още едно обяснение за непълното зрителното възстановяване при пациенти с рехматогенно отлепване на ретината с ангажиране на макулата.

Проучването може да бъде допълнително оптимизирано при измерване индекса на съдовата плътност в дълбокия съдов плексус чрез корекция на прожекционните артефакти от кръвния поток в повърхностния съдов плексус. Това е възможно при внедряване на новия софтуер AngioVue 3D PAR (3D Projection Artifact Removal), който подобрява и опростява интерпретацията на данните в ОСТ-ангиография чрез премахване на прожекционните артефакти (25). Чрез 3D PAR технологията прожекционните артефакти биха били сведени до минимум, осигурявайки по-добра визуализация и възможности за по-нататъшни проучвания на васкуларните структурни промени в дълбочина.

ИЗВОД

Настоящото проучване предлага опит за количествено обяснение на настъпилите промени в макулната област след успешна хирургия за отлепване на ретината с ангажиране на макулата. Въпреки че макулната структура е възстановена анатомично, се демонстрират микроваскуларни промени след отлепване и. ОСТ-ангиографията е допълнителен диагностичен метод за правилна прогноза на зрителната острота след хирургия по повод отлепване на ретината.

Бъдещите изследвания и анализи на микроваскуларните промени в резултат на отлепване на макулата чрез ОСТ-ангиография ще позволи по-добро проследяване на настъпилите изменения и преценка на постоперативните резултати при хирургия на макулата.

successful rhegmatogenous retinal detachment repair: An OCT angiography study. Retinal Detachment Session, August 31, 2018. 2018 EVRS Congress – Prague. Available at: <http://www.evrs.eu/prague/foveal-avascular-zone-area-and-macular-vascular-density-changes-after-successful-rhegmatogenous-retinal-detachment-repair-an-oct-angiography-study/>, Accessed September 15, 2018.

15. Woo JM, Yoon YS, Woo JE, Min JK. Foveal avascular zone area changes analyzed using OCT angiography after successful rhegmatogenous retinal detachment repair. *Curr Eye Res.* 2018;43(5):674-678. doi: 10.1080/02713683.2018.1437922.
16. Machemer R, Buettner H, Norton EW, Parel JM. Vitrectomy: a pars plana approach. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol.* 1971;75(4):813-20.
17. Scott JD. The use of visco elastic materials in the posterior segment. *Trans Ophthalmol Soc U K.* 1983;103 (Pt 3):280-3.
18. Heidenkummer HP, Kampik A, Thierfelder S. Experimental evaluation of in vitro stability of purified polydimethylsiloxanes (silicone oil) in viscosity ranges from 1000 to 5000 centistokes. *Retina.* 1992;12(3 Suppl):S28-32.
19. dell'Omo R, Viggiano D, Giorgio D, Filippelli M, Di Iorio R, Calo R, et al. Restoration of foveal thickness and architecture after macula-off retinal detachment repair. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2015;56(2):1040-50. doi: 10.1167/iops.14-15633.
20. Kominami A, Ueno S, Kominami T, Nakanishi A, Piao CH, Ra E, et al. Restoration of cone interdigitation zone associated with improvement of focal macular ERG after fovea-off rhegmatogenous retinal reattachment. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2016;57(4):1604-11. doi: 10.1167/iops.15-19030.
21. Purtskhvanidze K, Hillenkamp J, Tode J, Junge O, Hedderich J, Roider J, et al. Thinning of inner retinal layers after vitrectomy with silicone oil versus gas endotamponade in eyes with macula-off retinal detachment. *Ophthalmologica.* 2017;238(3):124-32. doi: 10.1159/000477743.
22. Christensen UC, la Cour M. Visual loss after use of intraocular silicone oil associated with thinning of inner retinal layers. *Acta Ophthalmol.* 2012;90(8):733-7. doi: 10.1111/j.1755-3768.2011.02248.x.
23. Asaria RH, Kon CH, Bunce C, Sethi CS, Limb GA, Khaw PT, et al. Silicone oil concentrates fibrogenic growth factors in the retro-oil fluid. *Br J Ophthalmol.* 2004;88(11):1439-42. doi: 10.1136/bjo.2003.040402.
24. Bambas B, Eckardt C, Vowinkel E, Kruse H. Toxic substances with silicone oil after intraocular injections. *Ophthalmologie.* 1995;92(5):663-7.
25. Zhou Q. New AngioVue Software Streamlines OCTA Interpretation. Optical Coherence Tomography Angiography (OCTA) Quantification through AngioAnalytics. 2017 Accessed September 22, 2018